

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-153419

(43)Date of publication of application : 08.06.1999

(51)Int.Cl.

G01B 11/08

G01N 21/17

G01N 33/20

(21)Application number : 10-024910

(71)Applicant : SUMITOMO METAL IND LTD

(22)Date of filing : 05.02.1998

(72)Inventor : HASHIMOTO KAZUKI  
AKASE MICHITAKA

(30)Priority

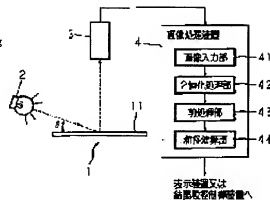
Priority number : 09252515 Priority date : 17.09.1997 Priority country : JP

## (54) MEASURING METHOD AND DEVICE OF CRYSTAL GRAIN SIZE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To precisely measure the crystal grain size of a spangle even when the concentration difference between the spangle and other crystal grains is small by reflecting the light irradiated to a surface to be measured by the surface of the crystal grain to be measured, and taking the image thereof.

SOLUTION: A light source 2 adjustable in the irradiating angle and light quantity  $\theta$  to a surface to be measured 11 is provided on the side of surface to be measured 11 of a matter to be measured 1, for example, using an Al-Z plated steel plate after surface coating treatment. An image pickup equipment 3 such as camera, CCD or the like is provided on the same side in opposition to the surface to be measured 11. The pickup image data by the image pickup equipment 3 is transmitted to an image processing device 4, and the crystal grain size in the surface to be measured 11 is calculated by the image processing device 4. By providing the light source 2 set to a prescribed irradiating angle and a prescribed light quantity, the concentration difference between a spangle and other crystal grains can be increased in the step of taking the image of the surface to be measured.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 07.03.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3511881

[Date of registration] 16.01.2004

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C): 1998.2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-153419

(43) 公開日 平成11年(1999) 6月8日

(51) Int.Cl.<sup>4</sup>

識別記号

F I

G 0 1 B 11/08

G 0 1 B 11/08

H

G 0 1 N 21/17

G 0 1 N 21/17

A

33/20

33/20

M

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平10-24910

(71) 出願人 000002118

住友金属工業株式会社

(22) 出願日 平成10年(1998) 2月5日

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

(31) 優先権主張番号 特願平9-252515

(72) 発明者 橋本 和樹

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

(32) 優先日 平9(1997) 9月17日

住友金属工業株式会社内

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(72) 発明者 赤瀬 道孝

和歌山県和歌山市表1850番地 住金属衛生  
エンジニアリング株式会社内

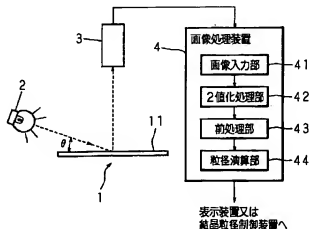
(74) 代理人 弁理士 河野 登夫

(54) 【発明の名称】 結晶粒径測定方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】 スパングル及びその他の結晶粒との濃淡差が小さい場合においても、正確な結晶粒径の測定が可能な結晶粒径測定方法及び装置を提供する。

【解決手段】 光源2から被測定面11へ照射される光を被測定面11内に存在するスパングルのみにて反射させ、その反射方向に撮像器3を設けて撮像し、撮像結果からスパングルの粒径を画像処理装置4を用いて算出することでスパングルの粒径を測定する構成とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 撮像器を用いて被測定物の表面を撮像し、撮像結果から被測定面に析出する所定種類の結晶粒の粒徑を画像処理手段を用いて算出することで前記結晶粒の粒徑を測定する結晶粒徑測定方法において、光源から前記被測定面へ照射される光を前記所定種類の結晶粒の表面にて反射させ、その反射方向に前記撮像器を設けて撮像することを特徴とする結晶粒徑測定方法。

【請求項 2】 前記光源の光量を前記撮像器の感度に応じて調整することを特徴とする請求項 1 記載の結晶粒徑測定方法。

【請求項 3】 撮像器を用いて被測定物の表面を撮像し、撮像結果から被測定面に析出する所定種類の結晶粒の粒徑を算出することで前記結晶粒の粒徑を測定する結晶粒徑測定装置において、前記撮像結果を量子化する量子化手段と、該量子化手段の量子化結果を所定の閾値に基づいて 2 値化することによって前記所定種類の結晶粒を識別する 2 値化／識別手段と、該 2 値化／識別手段に識別された前記所定種類の結晶粒の画素を計数する計数手段と、該計数手段の計数結果に応じた面積を演算する面積演算手段と、該面積演算手段の演算結果に対応する円の直径を演算する直径演算手段と、該直径演算手段の演算結果に基づいて前記粒徑を演算する粒徑演算手段とを備えることを特徴とする結晶粒徑測定装置。

【請求項 4】 前記被測定面へ光を照射する光照射手段を更に備えることを特徴とする請求項 3 記載の結晶粒徑測定装置。

【請求項 5】 前記光照射手段の光量を増減する光量増減手段と、該光量増減手段が前記光量を増減する都度演算される前記粒徑と所定値との偏差を演算する手段と、該手段の演算結果が最小となる前記光量を選択する光量選択手段とを更に備えることを特徴とする請求項 4 記載の結晶粒徑測定装置。

【請求項 6】 前記光照射手段の前記被測定面への照射角度を変更する角度変更手段と、該角度変更手段が前記照射角度を変更する都度演算される前記粒徑と所定値との偏差を演算する手段と、該手段の演算結果が最小となる前記照射角度を選択する角度選択手段とを更に備えることを特徴とする請求項 4 又は 5 記載の結晶粒徑測定装置。

【請求項 7】 前記閾値を変更する閾値変更手段と、該閾値変更手段が前記閾値を変更する都度演算される前記粒徑と所定値との偏差を演算する手段と、該手段の演算結果が最小となる前記閾値閾値を選択する閾値選択手段とを更に備えることを特徴とする請求項 4 乃至 6 の何れかに記載の結晶粒徑測定装置。

【請求項 8】 撮像器を用いて被測定物の表面を撮像し、撮像結果から被測定面に析出する所定種類の結晶粒の粒徑を画像処理手段を用いて算出することで前記結晶

粒の粒徑を測定する結晶粒徑測定装置において、前記被測定面への照射角度の変更自在に設けられた光源と、前記被測定面に対する光軸角度の変更自在に設けられた撮像器と、前記光源の光量を前記撮像器の感度に応じて調整する手段とを備えることを特徴とする結晶粒徑測定装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、画像処理により金属表面の結晶粒徑を測定する結晶粒徑測定方法及び装置に関し、特にメッキ表面に析出するスパングルの粒徑を測定する方法及びその装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】例えば、自動車の外装材及び内装材、家庭用電化製品の外装材、並びに建築用材として広く用いられている表面処理鋼板は、冷延薄鋼板の表面に防錆性及び耐食性の強化を目的として、亜鉛、鉄、アルミニウム、及び錫を主成分とした合金でメッキ処理し、さらに防錆性を高めるために、無色又は極淡黄色のクロメート等のコーティング材で表面を被覆することにより製造され、特に自動車及び家庭用電化製品に用いられる表面処理鋼板は、塗料との親和性の高いコーティング材を用いて表面コーティングされた後で塗装処理される。

【0003】最近では、メッキ処理技術の進歩により、耐食性が著しく優れた表面処理鋼板の製造が可能となり、特に家庭用電化製品の外装材及び建築用材においては、塗装を要しない A1-Zn 合金メッキを用いた表面処理鋼板が既に製品化されている。

【0004】このような塗装を要しない表面処理鋼板においては、メッキ剥離後の冷処理過程で鋼板表面にスパングルと呼ばれる結晶粒が不可避免的に析出するため、メッキ処理された鋼板表面が無色又は極淡黄色のコーティング膜を通した外観上の品質が損なわれるという問題があり、この結晶粒の粒徑を均一にして外観上の品質低下を抑制する試みがなされている。なお、ここでの粒徑とは、結晶粒の面積に相当する大きさの円の直径の平均値である。

【0005】一方、結晶粒径のフィードバック制御及び検査の観点から、製造ライン上で結晶粒径の自動測定を実現する試みがなされており、特開平 5-45138 号公報には、被測定面をカメラ等の撮像器を用いて撮像した後で 2 値化し、2 値化画像情報における直交 2 方向の投影データから所定幅の累積値を演算し、各方向の累積値をさらに所定の閾値に応じて 2 値化し、この 2 値化情報における 0 から 1 に変化する点の個数と被測定面の大きさに基づいて結晶粒徑を演算する結晶粒徑測定装置が開示されている。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところが、上述の如き結晶粒徑測定装置においては、スパングル及びその他の

3

結晶粒との濃淡差が小さい場合、撮像画像データを2値化したときに境界が不明瞭となり、正確な結晶粒径の測定ができないという問題があった。

【0007】本願発明者は、メッキ表面においてスパングル等の測定対象とする結晶粒を含む全ての種類の結晶粒が、固有の光学的指向性を有する樹枝状結晶であることに着目し、光源から上述の如きメッキ表面に光を照射したとき、スパングルの反射光のみを撮像器に取込むことにより、撮像の段階にて撮像領域の背景を略黒色とし、かつ、スパングルのみを略白色として抽出することができることを知り得たものである。

【0008】本発明は斯かる知見に鑑みてなされたものであり、光源から前記被測定面へ照射される光を、スパングルの如き測定対象とする結晶粒の表面にて反射させ、その反射方向に撮像器を設けて撮像することにより、スパングル及びその他の結晶粒との濃淡差が小さい場合においても、正確なスパングルの結晶粒径の測定ができる結晶粒径測定方法及び装置を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】第1発明に係る結晶粒径測定方法は、撮像器を用いて被測定物の表面を撮像し、撮像結果から被測定面に折出する所定種類の結晶粒の粒徑を画像処理手段を用いて算出することで前記結晶粒の粒徑を測定する結晶粒径測定方法において、光源から前記被測定面へ照射される光を前記所定種類の結晶粒の表面にて反射させ、その反射方向に前記撮像器を設けて撮像することを特徴とする。

【0010】第2発明に係る結晶粒径測定方法は、第1発明の結晶粒径測定方法において、前記光源の光量を前記撮像器の感度に応じて調整することと特徴とする。

【0011】第3発明に係る結晶粒径測定装置は、撮像器を用いて被測定物の表面を撮像し、撮像結果から被測定面に折出する所定種類の結晶粒の粒徑を算出することで前記結晶粒の粒徑を測定する結晶粒径測定装置において、前記撮像結果を量子化する量子化手段と、該量子化手段の量子化結果を所定の閾値範囲に基づいて2値化することによって前記所定種類の結晶粒を識別する2値化／識別手段と、該2値化／識別手段に識別された前記所定種類の結晶粒の画素を計数する計数手段と、該計数手段の計数結果に応じた面積を演算する面積演算手段と、該面積演算手段の演算結果に対応する円の直径を演算する直径演算手段と、該直径演算手段の演算結果に基づいて前記粒徑を演算する粒徑演算手段とを備えることを特徴とする。

【0012】第4発明に係る結晶粒径測定装置は、第3発明の結晶粒径測定装置において、前記被測定面へ光を照射する光照射手段を更に備えることを特徴とする。

【0013】第5発明に係る結晶粒径測定装置は、第4発明の結晶粒径測定装置において、前記光照射手段の光

4

量を増減する光量増減手段と、該光量増減手段が前記光量を増減する都度演算される前記粒徑と所定値との偏差を演算する手段と、該手段の演算結果が最小となる前記光量を選択する光量選択手段とを更に備えることを特徴とする。

【0014】第6発明に係る結晶粒径測定装置は、第4又は第5発明の結晶粒径測定装置において、前記光照射手段の前記被測定面への照射角度を変更する角度変更手段と、該角度変更手段が前記照射角度を変更する都度演算される前記粒徑と所定値との偏差を演算する手段と、該手段の演算結果が最小となる前記照射角度を選択する角度選択手段とを更に備えることを特徴とする。

【0015】第7発明に係る結晶粒径測定装置は、第4乃至第6発明の何れかの結晶粒径測定装置において、前記閾値範囲を変更する閾値変更手段と、該閾値変更手段が前記閾値範囲を変更する都度演算される前記粒徑と所定値との偏差を演算する手段と、該手段の演算結果が最小となる前記閾値範囲を選択する閾値選択手段とを更に備えることを特徴とする。

【0016】第8発明に係る結晶粒径測定装置は、撮像器を用いて被測定物の表面を撮像し、撮像結果から被測定面に折出する所定種類の結晶粒の粒徑を画像処理手段を用いて算出することで前記結晶粒の粒徑を測定する結晶粒径測定装置において、前記被測定面への照射角度の変更自在に設けられた光源と、前記被測定面に対する光軸角度の変更自在に設けられた撮像器と、前記光源の光量を前記撮像器の感度に応じて調整する手段とを備えることを特徴とする。

【0017】第1、第8発明に係る結晶粒径測定方法及び装置によれば、被測定面への光源の照射角度に対するスパングル等の所定種類の結晶粒での反射方向に撮像器が配置されるように光源の照射角度又はこの照射角度に対する撮像器の光軸角度を設定し、スパングルのみの反射光を撮像器に取込ませる構成としたので、スパングル及びその他の結晶粒の濃淡差の大きい撮像画像を得ることができ、この撮像画像から正確な結晶粒径の演算結果を安定的に得ることができる。

【0018】第2発明に係る結晶粒径測定方法によれば、第1発明の結晶粒径測定方法において、上述の如き光源の光量を調整可能とすることにより、撮像されるスパングル及びその他の結晶粒の濃淡差を撮像器の撮像感度に合わせることで、これにより更に正確な結晶粒径の演算結果を安定的に得ることができる。

【0019】第3発明に係る結晶粒径測定装置によれば、撮像器を用いて撮像した被測定面の画像情報を量子化し、量子化結果を所定の閾値範囲に基づいて2値化することによってスパングルのその他の結晶粒から識別し、識別されたスパングルの画素を計数し、計数結果に応じた面積を演算し、演算結果に対応する円の直径を演算して、演算結果に基づいてスパングルの結晶粒径を演

50

算する構成としたので、撮像画像から正確な結晶粒径の演算結果を安定的に得ることができ、

【0020】第4発明に係る結晶粒径測定装置によれば、第3発明の結晶粒径測定装置において、被測定面へ光を照射する光照射手段を設ける構成としたので、撮像されるスパングル及びその他の結晶粒の濃淡差を更に明確にすることができ、

【0021】第5発明に係る結晶粒径測定装置によれば、第4発明の結晶粒径測定装置において、光照射手段の光量を増減する都度、前記結晶の粒径を第3発明の如く演算するとともに、演算結果と所定値との偏差を演算し、これらの演算を光量の増減に応じて繰り返し、演算した粒径の中から偏差が最小となる光量を選択する構成としたので、撮像されるスパングル及びその他の結晶粒の濃淡差を明確にする最適な光量の選択が可能となる。

【0022】第6発明に係る結晶粒径測定装置によれば、第4、第5発明の結晶粒径測定装置において、光照射手段の被測定面への照射角度を変更する都度、前記結晶の粒径を第3発明の如く演算するとともに、演算結果と所定値との偏差を演算し、これらの演算を照射角度の 20 変更に応じて繰り返し、演算した粒径の中から偏差が最小となる照射角度を選択する構成としたので、撮像されるスパングル及びその他の結晶粒の濃淡差を明確にする最適な照射角度の選択が可能となる。

【0023】第7発明に係る結晶粒径測定装置によれば、第4～第6発明の結晶粒径測定装置において、2値化に用いる輝度閾値を変更する都度、前記結晶の粒径を第3発明の如く演算するとともに、演算結果と所定値との偏差を演算し、これらの演算を輝度閾値の変更に応じて繰り返し、演算した粒径の中から偏差が最小となる輝度閾値を選択する構成としたので、撮像されるスパングル及びその他の結晶粒の濃淡差を明確にする最適な輝度閾値の選択が可能となる。

【0024】

【発明の実施の形態】実施の形態1。以下本発明をその実施の形態を示す図面に基づいて詳述する。図1は、実施の形態1に係る結晶粒径測定装置の構成を示すブロック図である。

【0025】図1において、1は、例えば表面コーティング処理後のA1-Znメッキ処理鋼板を用いた被測定物であり、被測定物1の被測定面11側には、被測定面11への照射角度 $\theta$ 及び光量の調整可能な光源2が設けられ、また、同側には、カメラ、CCD等の撮像器3が被測定面11に方向して設けられている。撮像器3による撮像画像データは、画像処理装置4に与えられ、画像処理装置4により被測定面11における結晶粒径が演算されるようになっている。なお、光源2には被測定面11に均一な光量を照射すべく線光源又は面光源を用いるのが望ましい。

【0026】画像処理装置4は、A/D変換器、フレイ

ムメモリ等を具備した撮像器3のインターフェースとしての画像入力部41と、画像入力部41から与えられた画像データを2値化する2値化処理部42と、ノイズ除去、穴埋め等の前処理を行なう前処理部43と、前処理後の2値化データに基づいて結晶粒径を演算する結晶粒径演算部44とを備えている。なお、結晶粒径演算部44にて演算された結晶粒径は、図示しない表示装置に表出させることができるが、結晶粒径を制御する制御装置へのフィードバック値としても利用することができる。

【0027】図2、図3は、被測定面11の撮像画像の一例を示す模式図であり、特に図2は、上述の如き構成の結晶粒径測定装置における光源2を用いず、自然光を被測定面11に照射した状態での撮像結果を示し、図3は、本発明に係る結晶粒径測定装置による撮像結果を夫々6示している。

【0028】図2において、最も濃い黒色の部分（クロスハッチング部分）がスパングルs、s、…であり、図2に示す如く自然光による撮像画像では、スパングルs、s、…及びその他の結晶粒（ハッチング部分）との濃淡差が少なく、この状態の撮像画像を画像処理装置4に与えても前述の如く正確な結晶粒径を測定することは困難であるが、本発明に係る結晶粒径測定装置では、後述する所定の照射角度 $\theta$ 及び所定の光量に設定された光源2を設けることにより、図3に示す如く被測定面11を撮像する段階にてスパングルs、s、…（クロスハッチング部分）及びその他の結晶粒（白色部分）との濃淡差を大きくすることができるようになっている。

【0029】図4は、A1-Znメッキ鋼板を被測定物1としたときの照射角度 $\theta$ と、その際の撮像画像から得られる結晶粒径の測定誤差との関係を示すグラフであり、横軸に照射角度 $\theta$ （°）、縦軸に結晶粒径測定誤差（mm）を夫々配置している。また、図5は、A1-Znメッキ鋼板を被測定物1としたときの、光源2による被測定面11の照度wと、その際の撮像画像から得られる結晶粒径の測定誤差との関係を示すグラフであり、横軸に照度w（klux）、縦軸に結晶粒径測定誤差（mm）を夫々配置している。

【0030】これらのグラフは、まず、照射角度 $\theta$ 又は照度wの何れか一方の値を粒径が測定可能な範囲内で適当な値に固定した状態で、他方の値を調整し、撮像画像を表示装置で観察しながら視覚的にスパングルとその他の結晶粒が図3に示す如く明確に区別できる状態となる値で前記他方の値を固定し、前記一方の値を変化させつつ測定したものである。

【0031】図4、図5に夫々示す如く、照射角度 $\theta$ が $13^\circ < \theta < 23^\circ$ 、照度wが $1.3 \text{ klux} < w < 2.6 \text{ klux}$ のときに結晶粒径測定誤差が夫々土約0.1mmとなり、実用に十分耐えうる測定精度を有していることがわかる。従って、A1-Znメッキ鋼板に限らず、

同様の結晶構造を有する被測定物1に対して、上述の如き照射角度 $\theta$ 及び照度 $w$ の関係を実験的に測定しておく、この範囲の照射角度 $\theta$ 及び照度となるように光源2の光軸角度を設定しておくことにより、撮像器3にて得られる撮像画像における特定の結晶粒とそれ以外の結晶粒との濃淡差を大きくして、各結晶粒が有する本来の配光性の相違を強調して特定の結晶粒のみを抽出することができる。

【0032】図6は、画像処理装置4における粒径演算の処理手順を示すフローチャートである。まず、撮像器3から画像入力部4.1に与えられた図3の如き撮像画像データを量子化し(ステップ1)、2値化処理部4.2にて図7に示す如く2値化する(ステップ2)。

【0033】図7は、図3に示した撮像画像を画像処理装置4にて2値化した結果を示す模式図である。上述の如き範囲に光源2から被測定面1.1に照射される光の照射角度 $\theta$ と、この照射光による被測定面1.1での照度 $w$ を予め設定した状態においては、図7に示す如く、被測定面1.1の撮像画像データからスパングル $s, s, \dots$ のみを白色で抽出することができる。

【0034】次いで、2値化画像データにノイズ除去及び穴埋め等の前処理を行なった(ステップ3)後、図7に示す如きスパングルに相当する白色の部分を作成する画素数を演算し(ステップ4)、この画素数に基づいて面積を演算し(ステップ5)、この面積に相当する円の直径を演算する(ステップ6)。ステップ4～ステップ6を全てのスパングルについて行ったか否かを確認し(ステップ7)、全てのスパングルについて行った場合には、ステップ6にて演算された直径の平均値を演算し(ステップ8)、これをスパングルの結晶粒とする。なお、ステップ7にて全てのスパングルについて行っていない場合には、ステップ4～ステップ7を繰り返す。

【0035】図8は、本発明に係る結晶粒径測定装置の測定精度を示すグラフであり、横軸にはJIS G 0551.1に準拠した方法にて測定された平均粒径測定値(mm)を配置し、縦軸には横軸に対応する本発明に係る結晶粒径測定装置により測定された平均粒径測定値(mm)を夫々配置してある。

【0036】図8に示す如く、横軸及び縦軸の平均粒径測定値の関係は略直線上に収束しており、本発明に係る結晶粒径測定装置は、特定の結晶粒とそれ以外の結晶粒との濃淡差が小さい場合でも特定の結晶粒のみを抽出して高精度に結晶粒径を測定できることがわかる。

【0037】以上の実施の形態において、光源2の被測定面1.1への照射角度 $\theta$ を変更できる構成としたが、これに限らず、光源2を所定の照射角度 $\theta$ で固定しておく、これに応じて撮像器3の被測定面1.1に対する光軸角度を変更する構成とすることもできるのはいうまでもない。

【0038】さらに、表面コーティング処理後にスパ

ングル等の特定の結晶粒の粒径を測定する構成としたが、表面コーティング処理前に測定を行なう構成とすることもできるのはいうまでもなく、また、測定対象をスパングルに限るものではない。

【0039】実施の形態2、図9は、実施の形態2に係る結晶粒径測定装置の構成を示すブロック図である。図9において、被測定物1の被測定面1.1側には、光源制御装置5によって、被測定面1.1への照射角度 $\theta$ 及び光量の調整可能な光源2が設けられ、また、同側には、C C Dを用いてなる撮像器3が被測定面1.1に対向して設けられている。撮像器3による撮像画像データは、画像処理装置4に与えられ、画像処理装置4により被測定面1.1における結晶粒径が演算されるようになっている。

【0040】光源2は、図示しない支持フレームに照射角度 $\theta$ を $0^\circ \sim 90^\circ$ の範囲で変更可能なように支持されている。光源2には、スポット、ライン、面、リング等のあらゆる形態を有するものが使用可能であるが、被測定面1.1に均一な光量で照射し、撮像器3による撮像視野内でのシェーディングの影響を最小限とするために、ライン光源又は面光源を用いるのが望ましい。また、光源2には、ハロゲン、メタルハライド、キセノン等の白色光源を用いることができるが、寿命が比較的に長く、約100W以上の大きいものを用いることが望ましい。なお、被測定面1.1における照度については、光源2と被測定面1.1との距離、撮像視野の大きさ等によって変動することは言うまでもない。さらに、被測定面1.1が移動するような場合には、瞬時発光が可能なストロボ型のものを用いることにより、撮像ぶれを抑制することができる。

【0041】光源2の照射角度 $\theta$ 及び光量を調整制御する光源制御装置5は、外部に設けられたテンキー等の入力手段からの照射角度 $\theta$ 、光量の各指示値と、画像処理装置4に予め入力された2値化閾値(輝度閾値)と、被測定物1の標準サンプルにおいて求めたスパングルの結晶粒径(結晶粒径真値)との入力により、最適な照射角度 $\theta$ 、光量、2値化閾値を演算して光源2を調整制御するほか、この演算に際して、演算した2値化閾値を画像処理装置2へ与えるようにしてあるとすると、画像処理装置2へトリガ信号を与える。なお、前述の如く、ストロボ型の光源2を用いている場合には、照射角度 $\theta$ 、光量のほかに、発光周期、パルス幅等が制御できる構成とすることが望ましい。この光源制御装置5によって制御される光源2の照射角度(入射角度) $\theta$ は鋭角であるほうが、例えば被測定面1.1に析出したスパングルの結晶粒径を測定する場合に、このスパングルの光学的特性によってスパングルでの反射光を増加させて強調することができるが、これは光源2の光量、画像処理装置4における2値化の閾値等によって定常的な効果ではない。

【0042】被測定面1.1を撮像する撮像器3は、フル

フレームメモリ（1画面分）を備えた一般的なCCDであり、被測定面1から十分に離隔して設けてあるが、微小なスパンクルの結晶粒徑測定に応じて、ズーム倍率（ズーム比）が手動又は自動により調整可能なズームレンズを備えたものが望ましい。また、光源2からの光が被測定面1で正反射する光軸上（図9における破線a）又はその近傍にある場合には、撮像される画像にハレーションが生じ、また撮像される被測定面11のスパンクルに見掛けの変形が生じるので、撮像器3は被測定面11に垂直な光軸上（図9における破線b）に設けら

れている。  
【0043】画像処理装置4は、図示しないA/D変換器等を具備し、光源2の制御パラメータ、画像処理装置4の測定パラメータ等の後述するパラメータの最適化に先立って、光源制御装置5から与えられるトリガ信号に応じて、撮像器3から与えられる被測定面11の撮像画像データをA/D変換し、光源制御装置5から与えられた2値化閾値に基づいて2値化し、前処理（ノイズ除去、穴埋め等）し、前処理結果に基づいて結晶粒徑を演算することができる機能を有しており、演算結果（結晶粒徑測定値）を光源制御装置5へフィードバックする。なお、上述の各パラメータの設定後における安定的な結晶粒徑の連続演算を行なうような場合には、光源制御装置5からのトリガ信号なしに、内部タイマによって所定期間で結晶粒徑の演算処理を行なう。

【0044】図10、図11は、光源制御装置5における照射角度 $\theta$ 、光量、2値化閾値の決定処理を示すフローチャートである。まず、入力された各値を照射角度 $\theta$ 、2値化閾値を仮設定（固定）し（ステップ1、2）、光量を予め設定された初期値に調整（変更）し（ステップ3）、この状態におけるスパンクルの結晶粒徑を演算させるべく、画像処理装置4へトリガ信号を出力する（ステップ4）。次いで、画像処理装置4からフィードバックされた結晶粒徑測定値を、対応する光量とともに図示しない内部メモリに記憶し、全ての光量での結晶粒徑の測定が完了したか否かを確認する（ステップ5）。全ての光量での結晶粒徑の測定が完了していない場合には、予め設定されたインクリメントで光量を変更してステップ3～ステップ6を繰り返す。

【0045】ステップ5で、全ての光量での結晶粒徑の測定が完了している場合には、内部メモリに記憶した各結晶粒徑測定値と入力された結晶粒徑真値との誤差を夫々演算し（ステップ6）、これらの中から最小の誤差に対応する光量を選択する（ステップ7）。

【0046】今度は、ステップ7で選択された光量を固定し、照射角度 $\theta$ を予め設定された初期値に調整し（ステップ8）、この状態におけるスパンクルの結晶粒徑を演算させるべく、画像処理装置4へトリガ信号を出力する（ステップ9）。次いで、画像処理装置4からフィードバックされた結晶粒徑測定値を、対応する照射角度 $\theta$

とともに内部メモリに記憶し、全ての照射角度 $\theta$ での結晶粒徑の測定が完了したか否かを確認する（ステップ10）。全ての照射角度 $\theta$ での結晶粒徑の測定が完了していない場合には、予め設定されたインクリメントで照射角度 $\theta$ を変更してステップ8～ステップ10を繰り返す。

【0047】そして、ステップ10で、全ての照射角度 $\theta$ での結晶粒徑の測定が完了している場合には、内部メモリに記憶した各結晶粒徑測定値と入力された結晶粒徑真値との誤差を夫々演算し（ステップ11）、これらの中から最小の誤差に対応する照射角度 $\theta$ を選択する（ステップ12）。

【0048】次に、ステップ12で選択された照射角度 $\theta$ を固定し、ステップ12における最小誤差が予め設定した閾値を超えているか否かを確認する（ステップ13）。

【0049】ステップ12における最小誤差が前記閾値を超えていない場合には、2値化閾値を予め設定された初期値に調整し（ステップ14）、この状態におけるスパンクルの結晶粒徑を演算させるべく、まず2値化閾値を画像処理装置4へ出力し（ステップ15）、続いて画像処理装置4へトリガ信号を出力する（ステップ16）。次いで、画像処理装置4からフィードバックされた結晶粒徑測定値を、対応する2値化閾値とともに内部メモリに記憶し、全ての2値化閾値での結晶粒徑の測定が完了したか否かを確認する（ステップ17）。全ての2値化閾値での結晶粒徑の測定が完了していない場合には、予め設定されたインクリメントで2値化閾値を変更してステップ14～ステップ17を繰り返す。

【0050】次に、ステップ17で、全ての2値化閾値での結晶粒徑の測定が完了している場合には、内部メモリに記憶した各結晶粒徑測定値と入力された結晶粒徑真値との誤差を夫々演算し（ステップ18）、これらの中から最小の誤差に対応する2値化閾値を選択する（ステップ19）。また、ステップ13で、最小誤差が前記閾値を超える場合には、又はステップ19の後で、終了となる。

【0051】なお、以上の決定処理において、照射角度 $\theta$ をまず固定として光量を変化させ、次に光量を固定として照射角度 $\theta$ を変化させる構成としたが、これとは逆に光量をまず固定として照射角度 $\theta$ を変化させ、次に照射角度 $\theta$ を固定として光量を変化させる構成とすることもできる。

【0052】以上の如き構成とすることにより、得られた最適な照射角度 $\theta$ 、光量、2値化閾値に基づいて、安定的な測定を行なうことができ、実施の形態1と対応する部分には同一の参照符号を付して説明を省略する。

【0053】図12は、Zn-5%Alメッキ鋼板を被測定物1とした場合の、図10、図11のステップ3～ステップ6において変化させた光量に対応する被測定

面 11 の照度  $w$  と、その際に撮像画像から得られる結晶粒徑測定誤差との関係を示すグラフであり、横軸に照度  $w$  ( $k l u x$ )、縦軸に結晶粒徑測定誤差 (mm) を夫々配置してある。また、図 13 は、 $2n-5\%A1$  メッキ鋼板を被測定物 1 とした場合の、図 10、図 11 のステップ 8→ステップ 11 において変化させた照射角度  $\theta$  と、その際に撮像画像から得られる結晶粒徑測定誤差との関係を示すグラフであり、横軸に照射角度  $\theta$  ( $^{\circ}$ )、縦軸に結晶粒徑測定誤差 (mm) を夫々配置してある。

【0054】図 12、図 13 に夫々示す如く、例えば設定する結晶粒徑測定誤差を  $\pm 0.1$  mm 以内とした場合、照度  $w$  が  $12 k l u x \sim 25 k l u x$ 、照射角度  $\theta$  が  $13^{\circ} \sim 23^{\circ}$  の範囲で最適な値が得られることになる。なお、この際の画像処理装置 4 における 2 値化閾値は 80 であった。

【0055】図 14 は、結晶粒徑真値と画像処理装置 4 において得られた結晶粒徑測定値との関係をグラフであり、横軸には結晶粒徑真値 (mm) を配置し、縦軸には横軸に対応する結晶粒徑測定値 (mm) を夫々配置してある。

【0056】図 14 に示す如く、結晶粒徑測定値の結晶粒徑真値に対する誤差は  $\pm 0.1$  mm 程度であり、十分な実用性を有していることがわかる。

【0057】なお、結晶粒徑真値の求め方については、図 15 を参照して説明する。図 15 は、結晶粒徑真値の求め方を説明するための説明図であり、撮像部 3 によって撮像されたスパングル  $s, s, \dots$  の一部を示している。図 15 において、被測定面 11 上で任意の長さ及び方向の線分 A-A を設定し、この線分 A-A が横切るスパングル  $s, s, \dots$  の個数を目視で数数する。そして、線分 A-A の長さを上述のスパングル  $s, s, \dots$  の個数で除することによって結晶粒徑真値を求めることができる。

【0058】実施の形態 3。図 16 は、実施の形態 3 に係る結晶粒徑測定装置の構成を示すブロック図である。図 16 において、この結晶粒徑測定装置は、A1-Zn メッキ処理後に次工程へ搬送される鋼板 (被測定物) 1 の表面 (被測定面) 11 に析出するスパングルの結晶粒徑を測定すべく設けられている。

【0059】現状に形成された鋼板 1 は、2 つのローラ  $r, r$  により搬送されており、これらローラ  $r, r$  の中途における鋼板 1へ光を照射する照明ブローブ 21 が照射角度 (入射角度)  $\theta$  を  $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$  の範囲で変更可能のように図示しない支持フレームに支持されており、照明ブローブ 21 は、光ファイバ 22 を介して光源 2 に接続されている。

【0060】照明ブローブ 21 には、スポット、ライン、面、リング等のあらゆる形態を有するものが使用可能であるが、実施の形態 1 と同様の理由により、ライン

光源又は面光源の如き形態とするのが望ましい。さらに、本実施の形態においては、鋼板 1 の搬送に伴って被測定面 11 が移動するために、瞬時発光が可能なストロボ型のものを用いて撮像ぶれを抑制してある。発光周期は、予め設定した周期で設定することもできるが、本実施の形態においては、光源 2 に接続されたカメラ制御部 53 によって、鋼板 1 の搬送速度の変動に応じて調整されるようになっている。

【0061】カメラ (撮像部) 3 は、撮像周期を調整する画像フリーザ 31 に接続されており、画像フリーザ 31 は、鋼板 1 の搬送速度と光源 2 の発光周期とに応じて撮像ぶれが少なくなるように撮像周期を決定し、カメラ 3 に撮像させるためのトリガ信号を出力し、またカメラ 3 によって撮像された画像をフレーム単位で処理し、処理結果を画像処理部 4へ伝える。なお、光源 2 の発光周期が鋼板 1 の搬送速度に対して十分小さい場合には、撮像ぶれが少ないので、この画像フリーザ 31 を省略することができる。

【0062】画像処理部 4 は、マイクロプロセッサからなり、画像フリーザ 31 から与えられる被測定面 11 の画像データを量子化し、量子化した画像データを CRT 42 に出力して撮像画像データを表示させるとともに、更にこの画像データを 2 値化、前処理 (ノイズ除去、穴埋め等) し、前処理結果に基づいて結晶粒徑を演算した後で、演算結果 (結晶粒徑測定値) をカメラ制御部 53へ伝える。また、画像処理部 4 は、必要に応じて演算結果、撮像画像データを画像記憶部 43 に格納する。

【0063】カメラ制御部 53 は、画像処理部 4 と別のマイクロプロセッサからなり、画像処理部 4 から与えられた結晶粒徑測定値をモデム、ルータ等からなる通信制御部 52 を介して、図示しない上位コンピュータへ送出するようになっている。また、上位コンピュータからは同様に送信通信制御部 52 を介して鋼板 1 の搬送速度の情報を受信され、カメラ制御部 53 は、この搬送速度の情報をカメラ 3 へ伝える。カメラ制御部 53 は更に以上の動作状態を CRT 51 に出力する。

【0064】なお、カメラ制御部 53 の上位コンピュータへの送信は、カメラ 3 による撮像周期と一致させることもでき、また所定回数分の撮像画像からの結晶粒徑測定値の平均値を演算し、これを前記所定回数毎の撮像周期で送出する構成とすることもできる。但し、送信速度は画像処理部 4 及びカメラ制御部 53 の処理速度によって左右されるものであるが、実際には鋼板 1 の搬送方向へのスパングル結晶粒徑の変動は急激でないため、数 Hz ～数十 Hz に対応した周期で実用上十分である。

【0065】なお、本実施の形態においては、A1-Zn メッキ処理後に次工程へ搬送される途中の鋼板 1 を撮像する構成としたが、撮像位置はこれに限るものではない。但し、結晶粒徑測定値の迅速なフィードバックと、搬送される鋼板 1 のバタンキ、板伸び等による結晶粒徑



の測定誤差の回避とを達成するために、撮像位置は可及的にメッキポット後の凝固完了位置に近い位置とするのが望ましく、また鋼板1のバスライン安定化のために、何れかのローラー、 $r$ 近傍が望ましい。

【0066】図17は、画像処理部4における結晶粒径演算の処理手順を示すフローチャートである。まず、画像フリーザ31から与えられた画像データを量子化し（ステップ1）、実施の形態2に示したような手順で予め設定された閾値を用いて2値化し（ステップ2）、2値化画像データに一般的な画像処理手法である孤立点除去及び穴埋め等の前処理を行なう（ステップ3）。次いで、スバンクルに相当する部分の画素数を演算し（ステップ4）、この画素数と予め演算された1画素の実寸値とに基づいて、この画素に相当する面積を演算し（ステップ5）、演算した面積に相当する円の直径を演算する（ステップ6）。そして、ステップ4～ステップ6を全てのスバンクルについて行ったか否かを確認し（ステップ7）、全てのスバンクルについて行った場合には、予め設定された閾値に基づいて、直径の小さいスバンクルを排除する（ステップ8：面積除去）。ステップ8にて除去されず残ったスバンクルの直径の平均値を演算し（ステップ9）、これをスバンクルの結晶粒径とする。なお、ステップ7にて全てのスバンクルについて行っていない場合には、ステップ4～ステップ6を繰り返す。

【0067】なお、ステップ8における閾値には、スバンクルが析出していない状態（ゼロスバンクル）で予め上述と同様の結晶粒径測定を行ない、このときの測定値を用いてある。

【0068】図18は、前述のステップ3の前処理における孤立点除去を説明するための説明図であり、ステップ2における2値化後の状態を模式的に示してある。図18において、被測定面11の撮像領域は格子状となっており、格子で区切られた各矩形の領域が夫々1画素を示している。各画素において、2値化後のスバンクルは「1」で示され、それ以外の部分は「0」で示されるが、被測定面11のごみ、撮像時の何らかのノイズ等の要因により、スバンクル以外の部分でも「1」で表示される場合がある。そこで、この孤立点除去では、「1」の画素に着目し、その画素を取り囲む8つの画素が全て「0」である場合に、この画素を「0」に置換することにより、上述の如き影響を排除することができる。

【0069】図19は、前述のステップ3の前処理における穴埋めを説明するための説明図であり、図18と同様にステップ2における2値化後の状態を模式的に示してある。図19において、連続した「1」の画素群はスバンクルを示しており、それを取り囲む「0」の画素群はその他の部分を示している。ところが、前述の孤立点除去と同様の理由にてスバンクルの画素群に「0」の画素群が混在する場合がある。そこで、「1」の画素群に囲まれた「0」の画素又はその画素群に着目し、この

「0」の画素又は画素群を「1」に置換することにより、上述の如き影響を排除することができる。

【0070】図20は、実施の形態3に係る結晶粒径測定装置によって鋼板1のスバンクル結晶粒径を測定した結果とこれに対応する鋼板1の搬送速度との関係を示すグラフであり、横軸には鋼板1の測定長（搬送方向長さ：km）を配置し、縦軸には横軸に対応する結晶粒径測定値（mm）と、搬送速度（m/min）を夫々配置してある。また、結晶粒径測定値のグラフ上には、任意の測定長間隔にて結晶粒径真値を求めた結果が、X印でプロットしてある。さらに、被測定対象となる鋼板1には、まず板厚0.7mmの鋼板1aが用いられ、測定長が約0.58kmの時点で板厚1.3mmの鋼板1bに切り替えである。

【0071】図20に示す如く、搬送速度の変動に拘わらず結晶粒径測定値が結晶粒径真値と一致していることがわかる。

【0072】本実施の形態は以上の如き構成としてあり、実施の形態2に対応する部分には同一の参照符号を付して説明を省略する。

【0073】実施の形態4。図21は、実施の形態4に係る結晶粒径測定装置の構成を示すブロック図である。【0074】図21において、可動機構部34は、鋼板1の搬送方向と平行に配置され、また鋼板1に接離する方向（白抜矢符方向）への移動自在に設けられたビーム341と、前記白抜矢符方向へビーム341を貫通して穿設されたネジ孔に螺合するガイドねじ342とからなり、ガイドねじ342には、これを回転駆動するモータ33がその出力軸をガイドねじ342に同軸的に設けられている。また、ビーム341の中途部にはカメラ3が鋼板1に対向して設けられている。

【0075】ビーム341の中途部には、更に測距計32が鋼板1に対向して設けられている。この測距計32は、レーザを鋼板1の表面に照射し、その反射光に基づいて光学的にカメラ3と鋼板1の表面との距離（測定距離）を測定するものであり、所定の時間周期で測定し、この測定結果を画像処理部4へ与える。なお、測距計32には、上述したレーザ式のほかに、接触式、超音波式、渦電流式等の一般的な測距手段を用いることが可能であるが、鋼板1に傷をつけないように非接触式が望ましい。

【0076】画像処理部4は、実施の形態3の画像処理部4と同様の機能を有するとともに、前処理結果と測距計32からの測距結果とに基づいて結晶粒径を演算した後で、演算結果（結晶粒径測定値）をカメラ制御部53へ与える。

【0077】図22は、画像処理部4における結晶粒径演算の処理手順を示すフローチャートである。まず、実施の形態3における図17のステップ1～3と同様に量子化、2値化、前処理を行なう（ステップ1）。統

いて、測距計 3 2 による測距結果（測定距離）を読込み（ステップ 4）、読込結果に基づいて 1 画素の実寸法を演算する（ステップ 5）。そして、図 1 7 のステップ 4 ～ 9 と同様の処理を行う（ステップ 6 ～ 1 1）。

【0 0 7 8】図 2 3 は、前述のステップ 5 における 1 画素の実寸法の演算を説明するための説明図である。図 2 3 において、p は 1 画素の大きさを示しており、1、1 は銅板を示している。銅板 1 は通常 b の位置（基準位置）にあるが、バタツキ、厚みの変動等により、被測定面 1 1 である銅板 1 の表面の位置とカメラ 3 との距離（測定距離）が変動するために、画素の大きさを基準に演算される被測定面 1 1 のスパングルの大きさは上述の測定距離の変動に応じて補正する必要がある。銅板 1 が基準位置 b にある場合には、この基準位置 b とカメラ 3 との距離を D b（基準測定距離）とし、そのときの 1 画素の寸法を X b（基準画素寸法）とする。そして、例えば図 2 3 に示す如く銅板 1 が s の位置に移動した場合、測距計 3 2 で測定される位置 b とカメラ 3 との距離を D s としたときの 1 画素の実寸法 X s は、 $X s = (X b / D b) \cdot D s$

の式で求めることができる。なお、基準測定距離 D b、基準画素寸法 X b については、実測することにより予め容易に得ることができるものである。

【0 0 7 9】図 2 4 は、実施の形態 4 に係る結晶粒徑測定装置によって銅板 1 のスパングル結晶粒徑を測定した結果とこれに対応する測定距離との関係を示すグラフであり、横軸には銅板 1 の測定長（搬送方向長さ：k m）を配置し、縦軸には横軸に対応する結晶粒徑測定値（m m）と、前述の如き基準測定距離に対する測定距離偏差（m m）とを矢配してある。また、結晶粒徑測定値のグラフ上には、任意の測定長間隔にて結晶粒徑真値を求めた結果が、X 印でプロットしてある。

【0 0 8 0】図 2 4 に示す如く、測定距離の変動に拘わらず結晶粒徑測定値が結晶粒徑真値と一致していることがわかる。

【0 0 8 1】本実施の形態は以上の如き構成としてあり、実施の形態 3 に対応する部分には同一の参照符号を付して説明を省略する。

【0 0 8 2】

【発明の効果】以上詳述した如く本発明に係る結晶粒徑測定方法及び装置によれば、被測定面への光源の照射角度に対するスパングル等の所定の結晶粒の反射方向に撮像器が配置されるように光源の照射角度又はこの照射角度に対する撮像器の光軸角度を設定し、スパングルのみの反射光を撮像器に取込ませることにより、スパングル及びその他の結晶粒の濃淡差の大きい撮像画像を得ることができ、この撮像画像から正確な結晶粒徑の演算結果を安定的に得ることができる。

【0 0 8 3】また、上述の如き光源の光量を調整可能とすることにより、撮像されるスパングル及びその他の結

晶粒の濃淡差を撮像器の撮像感度に合わせることであり、これにより更に正確な結晶粒徑の演算結果を安定的に得ることができる。

【0 0 8 4】また、撮像器を用いて撮像した被測定面の画像情報を量子化し、量子化結果を所定の輝度閾値に基づいて 2 値化することによってスパングルをその他の結晶粒から識別し、識別されたスパングルの画素を計数し、計数結果に応じた面積を演算し、演算結果に対応した円の直径を演算し、演算結果に基づいてスパングルの結晶粒徑を演算することにより、撮像画像から正確な結晶粒徑の演算結果を安定的に得ることができる。

【0 0 8 5】また、被測定面へ光を照射する光照射手段を設けることにより、撮像されるスパングル及びその他の結晶粒の濃淡差を更に明確にすることができる。

【0 0 8 6】また、光照射手段の光量を増減する都度、前記結晶の粒徑を前述の如く演算するとともに、演算結果と所定値との偏差を演算し、これらの演算結果の増減に応じて繰り返し、演算した粒徑の中から偏差が最小となる光量を選択することにより、撮像されるスパングル及びその他の結晶粒の濃淡差を明確にする最適な光量の選択が可能となる。

【0 0 8 7】また、光照射手段の被測定面への照射角度を変更する都度、前記結晶の粒徑を前述の如く演算するとともに、演算結果と所定値との偏差を演算し、これらの演算を照射角度の変更に応じて繰り返し、演算した粒徑の中から偏差が最小となる照射角度を選択することにより、撮像されるスパングル及びその他の結晶粒の濃淡差を明確にする最適な照射角度の選択が可能となる。

【0 0 8 8】さらに、2 値化に用いる輝度閾値を変更する都度、前記結晶の粒徑を前述の如く演算するとともに、演算結果と所定値との偏差を演算し、これらの演算を輝度閾値の変更に応じて繰り返し、演算した粒徑の中から偏差が最小となる輝度閾値を選択することにより、撮像されるスパングル及びその他の結晶粒の濃淡差を明確にする最適な輝度閾値の選択が可能となる等、本発明は優れた効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係る結晶粒徑測定装置の構成を示すブロック図である。

【図 2】自然光のもとで撮像された被測定面の撮像画像の一例を示す模式図である。

【図 3】本発明に係る結晶粒徑測定装置により撮像された被測定面の撮像画像の一例を示す模式図である。

【図 4】A 1 - Z n メッキ銅板を被測定物としたときの照射角度  $\theta$  と、その際の撮像画像から得られる結晶粒徑の測定誤差との関係を示すグラフである。

【図 5】A 1 - Z n メッキ銅板を被測定物としたときの被測定面の照度  $w$  と、その際の撮像画像から得られる結晶粒徑の測定誤差との関係を示すグラフである。

【図 6】画像処理装置における粒徑演算の処理手順を示

すフローチャートである。

【図 7】図 3 に示した撮像画像の 2 値化結果を示す模式図である。

【図 8】本発明に係る結晶粒径測定装置の測定精度を示すグラフである。

【図 9】実施の形態 2 に係る結晶粒径測定装置の構成を示すブロック図である。

【図 10】光源制御装置における照射角度  $\theta$ 、光量、2 値化閾値の決定処理を示すフローチャートである。

【図 11】光源制御装置における照射角度  $\theta$ 、光量、2 値化閾値の決定処理を示すフローチャートである。

【図 12】Zn-55%Al メッキ銅板を被測定物 1 とした場合の、図 10、図 11 のステップ 3～ステップ 6 において変化させた光量に対応する被測定面の照度と、その際に撮像画像から得られる結晶粒径測定誤差との関係を示すグラフである。

【図 13】Zn-55%Al メッキ銅板を被測定物 1 とした場合の、図 10、図 11 のステップ 8～ステップ 11 において変化させた照射角度と、その際に撮像画像から得られる結晶粒径測定誤差との関係を示すグラフである。

【図 14】結晶粒径真値と画像処理装置において得られた結晶粒径測定値との関係をグラフである。

【図 15】結晶粒径真値の求め方を説明するための説明図である。

【図 16】実施の形態 3 に係る結晶粒径測定装置の構成を示すブロック図である。

【図 17】画像処理部における結晶粒径演算の処理手順

を示すフローチャートである。

【図 18】前述のステップ 3 の前処理における孤立点除去を説明するための説明図である。

【図 19】前述のステップ 3 の前処理における穴埋めを説明するための説明図である。

【図 20】実施の形態 3 に係る結晶粒径測定装置によって銅板のスバンクル結晶粒径を測定した結果とこれに対応する銅板の搬送速度との関係を示すグラフである。

【図 21】実施の形態 4 に係る結晶粒径測定装置の構成を示すブロック図である。

【図 22】画像処理部における結晶粒径演算の処理手順を示すフローチャートである。

【図 23】前述のステップ 5 における 1 画素の実寸法の演算を説明するための説明図である。

【図 24】実施の形態 4 に係る結晶粒径測定装置によって銅板のスバンクル結晶粒径を測定した結果とこれに対応する測定距離との関係を示すグラフである。

【符号の説明】

1 被測定物

2 光源

3 撮像器

4 画像処理装置

11 被測定面

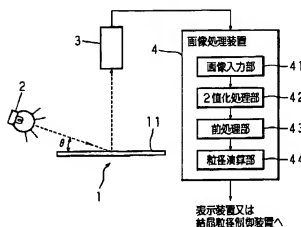
41 画像入力部

42 2 値化処理部

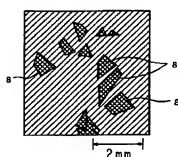
43 前処理部

44 粒径演算部

【図 1】



【図 2】



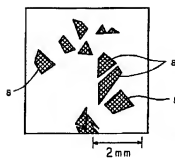
【図 18】

0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0

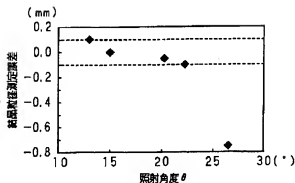
【図 19】

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	0	0	0
0	0	1	1	1	1	0	0
0	1	1	1	1	1	1	0
0	0	1	0	0	1	1	0
0	0	1	1	1	1	1	0
0	0	0	1	1	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

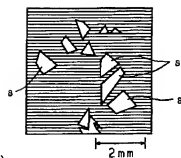
【図3】



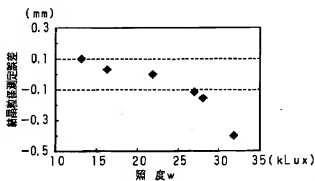
【図4】



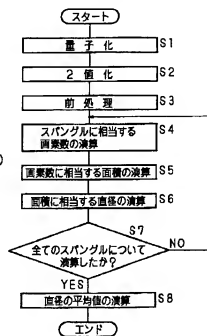
【図7】



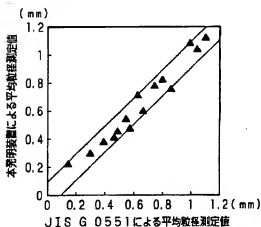
【図5】



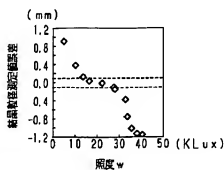
【図6】



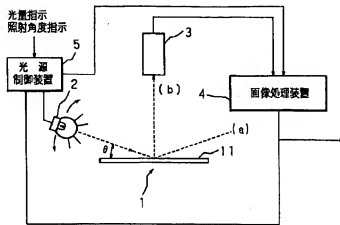
【図8】



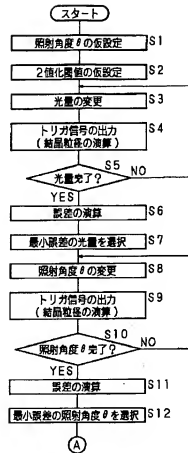
【図12】



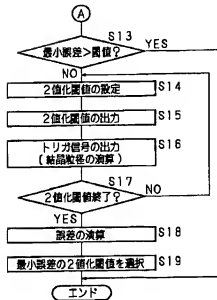
【図9】



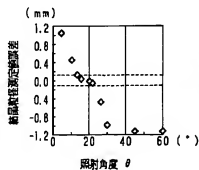
【図10】



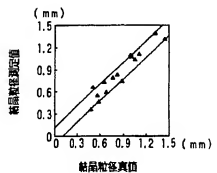
【図11】



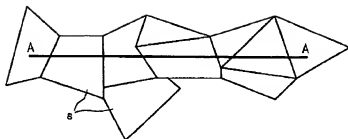
【図13】



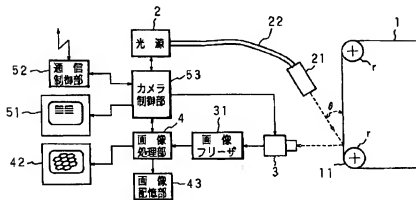
【図14】



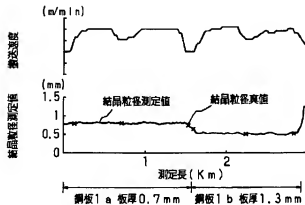
【図15】



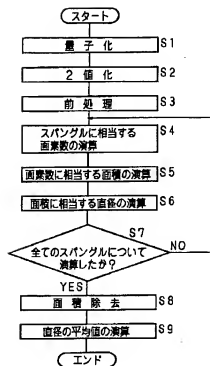
【図16】



【図20】



【図17】



【図22】

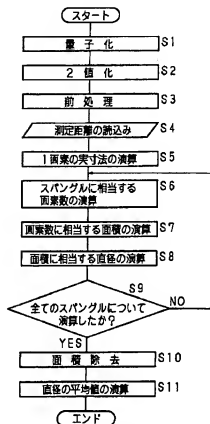


Figure 1 illustrates the optical measurement principle. A light source  $P$  emits a beam through a lens system. The target, with width  $b$ , is at a distance  $D_b$  (labeled as 基準測定距離) from the lens. The image, with width  $B$ , is at a distance  $D_s$  from the lens. The magnification is labeled  $X_b$  (倍率). The distance from the lens to the image plane is labeled  $X_e$ .

The figure consists of two vertically stacked line graphs sharing a common x-axis representing distance in kilometers (測定長 (K m)).

- Top Graph:** The y-axis is labeled "地面高 (m)" (Ground Elevation (m)) and ranges from 0.0 to 4.0. The plot shows a highly fluctuating line representing ground surface elevation.
- Bottom Graph:** The y-axis is labeled "堆積収束測定値 (m)" (Sedimentation Rate Measurement Value (m)) and ranges from 0 to 1.5. The plot shows a relatively flat line around 1.0 m, with two points labeled "堆積収束測定値" (Sedimentation Rate Measurement Value) and "堆積収束高値" (Sedimentation Rate High Value).